

# **Entwicklung empirischer Messmethoden zur Validierung der Handlungskompetenz der Piloten**

*Ruben Weiser*

Universität Hildesheim  
Informationswissenschaft  
Bischofskamp 48  
31137 Hildesheim  
ruben\_weiser@hotmail.com

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen des vorliegenden Artikels wird ein Bewertungsbogen zur Ermittlung der Handlungskompetenz von Piloten in Zusammenarbeit mit Flugtrainingsexperten der Deutschen Lufthansa AG entwickelt. Die Bewertungen erfolgen in Simulatortests, die vom Luftfahrtbundesamt vorgeschrieben sind und dem Erhalt der Flugzeugmusterberechtigung der Piloten dienen. Zunächst erfolgt die Analyse von Konstrukten und Methoden, die als Kriterien einer Messung zugänglich gemacht werden sollen. Das Ziel der Studie ist es, anhand dieser Konstrukte und Methoden in einer statistischen Analyse der erhobenen Daten Aussagen über das Ausmaß Konstruktvalidität des entwickelten Bewertungsbogens zu formulieren. In diesem Zusammenhang ist zu prüfen, ob die Bewertungen der Fähigkeiten in den klassifizierten Situationen im Flugsimulator generalisierbar sind, oder, ob diese von der spezifischen Situation abhängen.

## **Abstract**

This article deals with the development of an empirical test for monitoring basic competences of commercial pilots. The evaluation sheet is filled out by Lufthansa flight training instructors on a voluntary basis during the period of data collection. The skill ratings are entered during type ratings which are mandatory for all pilots of commercial airplanes due to the regulations of the Luftfahrtbundesamt. An essential part of this study is the development of indicators for operational competence of pilots in emergency situations and their transformation into criteria for measurement. The target of this study is the statistical analysis of the evaluated data to develop statements regarding the construct validity of the created evaluation form. In this context it is to be tested whether or not the results for each competence are independent from the specific method.

## 1 Einleitung

Sicherheit ist ein wichtiges Thema bei dem zunehmenden Verkehrsaufkommen in der zivilen Luftfahrt. So nimmt etwa der nordamerikanische Flugzeughersteller BOEING an, dass bei der derzeitigen Zuwachsrate des Flugverkehrs die Unfallrate bis zum Jahr 2015 auf zehn große Unglücke pro Jahr ansteigen wird (vgl. NOYES & STARR 1999: S.170).

„The Human Factor still accounts for the majority of accidents in aviation.“  
(STELLING 2004: S. 301)

Die Fähigkeiten der Piloten haben einen entscheidenden Einfluss darauf, ob ein Unfall verhindert werden kann. Daher gehört die regelmäßige Überprüfung der Handlungskompetenz der Piloten zu den wesentlichen Maßnahmen hinsichtlich der Gewährleistung eines sicheren Ablaufes des Flugbetriebs. Die entsprechenden Vorschriften basieren in Europa auf den Vereinbarungen der Joint Aviation Association<sup>1</sup>, die in der Bundesrepublik Deutschland durch das Luftfahrtbundesamt umgesetzt werden. Für das Training und die Evaluierung der Fähigkeiten der Cockpitcrews werden regelmäßig Kompetenztests unter realistischen Bedingungen in Flugsimulatoren durchgeführt. Obwohl diese Art der Evaluierung in der Luftfahrtindustrie sehr weit verbreitet ist, bleibt deren Konstruktvalidität allerdings weitgehend ungeprüft (vgl. BEAUBIEN, BAKER, & SALVAGGIO 2004: S. 2). TRUMPOWER et al. haben diesbezüglich in einer exemplarischen Studie zur Überprüfung der Konstruktvalidität der Line Oriented Simulations<sup>2</sup> festgestellt, dass diese Simulatortests offenbar nicht akkurat die spezifischen technischen und kommunikativen Fähigkeiten messen (vgl. TRUMPOWER, JOHNSON & GOLDSMITH 1999: S.1220ff). Da die sicherheitsrelevante Fähigkeit, ein Flugzeug auch in Notfallsituationen sicher fliegen zu können, getestet wird, ist zu postulieren, dass die Gültigkeit der Urteile in solchen Tests so weit wie möglich gewährleistet wird. Zu diesem Zwecke wird im Rahmen dieser Arbeit ein Bewertungsbogen für die Fähigkeiten von Verkehrsflugzeugführern entwickelt, und dessen Konstruktvalidität anhand der Multitrait-Multimethod Methode nach CAMPBELL & FISKE (1959) überprüft<sup>3</sup>.

## 2 Anforderungen an die Piloten der Deutschen Lufthansa AG

Die Inhalte dieses Abschnitts basieren auf den Beobachtungen der OPC/FCL Checks<sup>4</sup> der Deutschen Lufthansa AG. Sie wurden von Experten geprüft und für korrekt befunden.

Die Grundkompetenzen der Flugzeugführer der Deutschen Lufthansa AG werden in drei Kategorien eingeordnet, denen die entsprechenden Fähigkeiten zugeordnet sind. Die Deutsche Lufthansa AG erfüllt mit diesen Kompetenzanforderungen an ihre Piloten alle Kriterien, die in den Joint Aviation Requirements<sup>5</sup> der JAA für den Flugbetrieb<sup>6</sup> und für die

---

<sup>1</sup> JAA

<sup>2</sup> LOS sind Gate-to-Gate Simulationen, die sämtliche Phasen eines Fluges vom Abfluggate bis zum Ankunftsgate simulieren.

<sup>3</sup> Zur ausführlichen Lektüre vgl. WEISER (2006)

<sup>4</sup> OPC/FCL Checks (Kompetenztests werden betriebsintern als „Checks“ bezeichnet)

<sup>5</sup> JAR

Lizenzierung der Cockpitbesatzungen<sup>7</sup> gefordert werden (vgl. LUFTHANSA ohne Jahr S.1ff.).

Technical Competence	Procedural Competence	Interpersonal Competence
Manual Aeroplane Control	Knowledge of Procedures	Communication
Knowledge of Systems	Adherence to Procedures	Leadership and Teamwork
Use of Automation		Workload Management
		Situation Awareness and Decision Making

Abb.1 Basiskompetenzen der Piloten

Die Empfehlung der Experten der Deutschen Lufthansa AG lautete, für die Studie Operator Proficiency Checks und Flight Crew Licensing Checks zu verwenden, da in diesen verschiedene Notfallsituationen simuliert werden, was der Notwendigkeit der Klassifizierbarkeit der Bewertungssituationen für die spätere Auswertung am besten entsprach. Die Notfälle sind dementsprechend als Methode zu verstehen, mit der die Fähigkeiten der Piloten geprüft werden.

## 2.1 Die OPC/FCL Checks

Die Prüfungssituation sieht vor, dass eine Cockpitcrew, grundsätzlich bestehend aus einem Kapitän und einem Copiloten, von einem Check Kapitän in verschiedenen Notsituationen beobachtet wird. Die Aufgabe des Check Kapitäns ist es, die Piloten in den Kategorien interpersonale Kompetenz, prozedurale Kompetenz und technische Kompetenz auf einem standardisierten Formular zu bewerten, um schließlich entscheiden zu können, ob die erforderlichen Kompetenzen vorhanden sind. Für die formulierten Ziele dieser Studie wurde es allerdings erforderlich, eigene Erhebungsbögen zu entwickeln.

## 2.2 Die Notsituationen

Die Notfälle werden unter anderem in den kritischen Flugphasen Take Off, Steigflug oder Landeanflug simuliert. Einige typische Notsituationen sind ein Triebwerksausfall, ein Feuer am Triebwerk, ein Scherwind, der Ausfall des Radars und der Kollisionskurs mit einem Objekt bei schlechter Sicht. In vielen Fällen gehört es zur vollständigen Behebung des Notfalls, dass das Flugzeug mittels einer Notlandung sicher auf den Boden gebracht wird. Die Notsituationen können teilweise auch in Kombination auftreten und zusätzlich kann Rauch im Cockpit und in der Kabine simuliert werden, was den Zeitdruck zusätzlich erhöht. Zudem können Maßnahmen wie das Eindrücken einer Sicherung zu neuen

<sup>6</sup> JAR-OPS: Joint Aviation Requirements - Operations

<sup>7</sup> JAR-FCL: Joint Aviation Requirements – Flight Crew Licencing

kritischen Momenten wie zum Beispiel zu einem Kabelbrand führen. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass es in der Wirklichkeit unendlich viele mögliche Verkettungen und Arten von Notfällen gibt. Daher ist es absolut unmöglich, alle Notfälle in Flugsimulatoren zu trainieren. Piloten sind allerdings dazu angehalten, sich in realen Notsituationen an den Simulationen zu orientieren und ihre Handlungen durch Transferdenken an die Umstände anzupassen. Des Weiteren werden viele extreme Situationen wie etwa eine Notwasserung nicht trainiert, da zu viele Faktoren wie etwa der Wellengang unvorhersehbare Variablen sind

### **3 Empirische Studie: Validierung der Messmethoden**

Anhand des vorgestellten Zusammenhangs, in dem die Studie durchgeführt wird, sollen nun inhaltliche Hypothesen formuliert werden, aus denen schließlich statistische Hypothesen zu entwickeln sind, um eine Überprüfung der Konstruktvalidität der entwickelten Messmethode zu ermöglichen. Hypothesenbildung, Auswertung und Interpretation orientieren sich an den Kriterien der Multitrait-Multimethod Methode nach CAMPBELL & FISKE (vgl. CAMPBELL & FISKE 1959: S. 81ff.).

Konvergente Validität:

1. Die konvergenten Validitätskoeffizienten, beziehungsweise deren Mittelwert (Monotrait-Heteromethod Korrelationen), müssen sich signifikant von Null unterscheiden.

Die konvergenten Validitätskoeffizienten sind im Zusammenhang dieser Studie die Korrelationen der Bewertungen derselben Pilotenfähigkeit in zwei verschiedenen Situationen. Drei der vier Kriterien zur Erfüllung der Konstruktvalidität konzentrieren sich auf diese Monotrait-Heteromethod Korrelationen, welche somit eine zentrale Rolle bei der Auswertung spielen. Das zweite und das dritte Kriterium gelten als Indikatoren für die

Diskriminante Validität:

2. Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen sollten signifikant größer sein als die Heterotrait-Monomethod Korrelationen.

Die Korrelationen der Bewertungen der gleichen Pilotenfähigkeit in zwei verschiedenen Situationen sollen demnach signifikant größer sein als die Korrelationen der Bewertungen zweier verschiedener Fähigkeiten durch dieselbe Methode. Unterschiede zwischen verschiedenen Fähigkeiten dürfen demzufolge nicht durch die Betrachtung in derselben Situation vermindert werden.

3. Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen müssen signifikant größer sein als die Heterotrait-Heteromethod Korrelationen. Letztere sollten zudem die geringsten Korrelationen ergeben (vgl. BORTZ & DÖRING 1995: S. 189ff.).

Dieses Kriterium postuliert, dass alle Korrelationen der Bewertungen der gleichen Fähigkeit in zwei verschiedenen Situationen signifikant größer sein sollen als alle Korrelationen der Bewertungen zweier verschiedener Fähigkeiten in zwei verschiedenen Situationen. Die letzteren Heterotrait-Heteromethod Korrelationen haben weder bewertete

Fähigkeit noch Situation gemein. Es ist daher obligatorisch, dass diese Korrelationen in Bezug auf den numerischen Wert die geringsten in der gesamten Matrix sind. Eine Bedingung, die zunächst offensichtlich erscheint, welche aber nicht immer von Tests erfüllt wird (vgl. CAMPBELL & FISKE 1959: S. 82f). Es zeigt sich, dass BORTZ & DÖRING (1995) die Bedingungen der diskriminanten Validität gegenüber CAMPBELL & FISKE (1959) noch verschärfen. In der ersten Niederschrift des Multitrait-Multimethod Ansatzes postulieren CAMPBELL & FISKE, dass jeder Korrelationskoeffizient der Validitätsdiagonalen lediglich signifikant größer sein muss als jene Heterotrait-Korrelationen, welche sich jeweils in derselben Spalte und in derselben Zeile wie der zu überprüfende Validitätskoeffizient befinden. Nach den Kriterien von BORTZ & DÖRING muss jedoch jeder einzelne Validitätskoeffizient signifikant größer sein als sämtliche Heterotrait-Korrelationen in der Gesamtmatrix (vgl. BORTZ & DÖRING 1995: S. 187ff). Da die gemeinsame Erfüllung der Forderungen für die diskriminante und konvergente Validität Voraussetzungen für die Konstruktvalidität sind, sollte dies unter Betrachtung des vierten Kriteriums untersucht werden. Ein Hinweis darauf sind identische Muster der Korrelationen zwischen verschiedenen Konstrukten in allen Monomethod und Heteromethod Teilmatrizen der Gesamtmatrix.

4. Die Rangreihe der Trait-Interkorrelationen sollte in allen Teilmatrizen identisch sein.

„Diese interne ‚Replizierbarkeit‘ der Rangreihe spricht dafür, dass die ‚wahre‘ Varianz gemessen wird, bzw. eine echte Korrelationsstruktur zwischen den Traits besteht, die mit den Methoden valide gemessen werden können.“  
(BORTZ & DÖRING 1995: S. 190f)

Auch wenn die Messwerte ergeben, dass alle vier Kriterien für die konvergente und diskriminante Validität erfüllt sind, gilt es zu beachten, dass trotzdem Verzerrungen in den Bewertungen auftreten können. Eine letzte Möglichkeit, das Vorliegen einer Konstruktvalidität zu überprüfen, besteht darin die Rangreihen durch Hintergrundwissen plausibel zu machen (vgl. BORTZ & DÖRING 1995: S. 191).

Aus diesen vier Kriterien und den Überlegungen dazu lassen sich nun die statistischen Hypothesen ableiten, welche zur Überprüfung der Konstruktvalidität der zu entwickelnden Messmethoden dienen. Ziel ist es, jeweils die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 5\%$  zu verwerfen.

Konvergente Validität:

H<sub>1</sub>: Der Mittelwert der konvergenten Validitätskoeffizienten (Monotrait-Heteromethod Korrelationen) ist signifikant größer als null.

$\rho_A > 0$

H<sub>0</sub>: Der Mittelwert der konvergenten Validitätskoeffizienten (Monotrait-Heteromethod Korrelationen) ist nicht signifikant größer als null.

$\rho_A \leq 0$

Diskriminante Validität:

H<sub>1</sub>: Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_A$  sind signifikant größer als die Heterotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_B$ .

$$\rho_A > \rho_B$$

H<sub>0</sub>: Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_A$  sind nicht signifikant größer als die Heterotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_B$ .

$$\rho_A \leq \rho_B$$

Diskriminante Validität:

H<sub>1</sub>: Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_A$  sind signifikant größer als die Heterotrait-Monomethod Korrelationen  $\rho_C$ .

$$\rho_A > \rho_C$$

H<sub>0</sub>: Die Monotrait-Heteromethod Korrelationen  $\rho_A$  sind nicht signifikant größer als die Heterotrait-Monomethod Korrelationen  $\rho_C$ .

$$\rho_A \leq \rho_C$$

Das finale Kriterium lässt sich nicht statistisch, sondern nur durch einen systematischen Vergleich der Rangfolgen überprüfen. Daher kann das entsprechende Hypothesenpaar nur inhaltlich formuliert werden.

Konstruktvalidität:

H<sub>1</sub>: Die Rangfolge der Traitkorrelationen ist in den jeweiligen Blöcken der Multitrait-Multimethod Matrix identisch.

H<sub>0</sub>: Die Rangfolge der Traitkorrelationen ist in den jeweiligen Blöcken der Multitrait-Multimethod Matrix nicht identisch.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde ein Bewertungsbogen entwickelt, auf dem alle neun Grundkompetenzen von Check Kapitänen in den zwei Notfallsituationen Engine Failure und Hydraulic Failure zu bewerten waren. Am Ende der Datenerhebung konnten 93 gültige Bewertungsbögen in die Datenauswertung einbezogen werden.

## 4 Datenauswertung

Die Daten, aus denen die Multitrait-Multimethod Matrix gebildet wird, bestehen zunächst aus den Bewertungen der Fähigkeiten. Die Skalenwerte wurden mit Werten von 4<sup>8</sup> bis 1<sup>9</sup> gemäß den Bewertungen auf den ausgefüllten Bögen in SPSS übertragen. Diese Skalenwerte waren spaltenweise miteinander zu korrelieren, sodass sich eine Matrix mit  $18 \times 18 = 324$  Korrelationen ergibt. Von diesen sind 18 zu vernachlässigende Autokorrelationen der Variablen mit sich selbst, sodass 306 Korrelationen übrig bleiben. Es ergeben sich 153 relevante Korrelationen der folgenden Gesamtmatrix, die für die Auswertung in Betracht gezogen werden, da jede Korrelation aufgrund der Struktur der Matrix doppelt vertreten ist.

---

<sup>8</sup> gut

<sup>9</sup> ungenügend

	MAC.EF1	KoS.EF1	UoA.EF1	KoP.EF1	AI.P.EF1	C.EF1	LaT.EF1	WM.EF1	SAaDM.EF1	MAC.HF2	KoS.HF2	UoA.HF2	KoP.HF2	AI.P.HF2	C.HF2	LaT.HF2	WM.HF2	SAaDM.HF2
MAC.EF1	1,000	0,419	0,124	0,250	0,292	0,077	0,276	0,251	0,421	0,579	0,364	0,173	0,317	0,325	0,224	0,277	0,361	0,379
Sig. 1-seitig		0,000	0,119	0,008	0,002	0,230	0,004	0,009	0,000	0,000	0,000	0,049	0,001	0,001	0,015	0,004	0,000	0,000
KoS.EF1	**0,419	1,000	0,197	0,526	0,524	0,305	0,354	0,223	0,394	0,307	0,601	0,255	0,416	0,434	0,283	0,220	0,168	0,294
Sig. 1-seitig	0,000		0,030	0,000	0,000	0,001	0,000	0,016	0,000	0,001	0,000	0,007	0,000	0,000	0,003	0,017	0,054	0,002
UoA.EF1	0,124	0,196	1,000	0,093	0,249	0,179	0,196	0,200	0,182	0,171	0,291	0,531	0,127	0,274	0,255	0,133	0,112	0,121
Sig. 1-seitig	0,119	0,030		0,188	0,008	0,043	0,030	0,028	0,040	0,050	0,002	0,000	0,113	0,004	0,007	0,102	0,143	0,124
KoP.EF1	**0,250	**0,525	0,093	1,000	0,562	0,329	0,358	0,280	0,404	0,241	0,450	0,190	0,617	0,349	0,329	0,128	0,236	0,469
Sig. 1-seitig	0,008	0,000	0,188		0,000	0,001	0,000	0,006	0,000	0,010	0,000	0,034	0,000	0,000	0,001	0,111	0,011	0,000
AI.P.EF1	**0,292	**0,524	**0,249	**0,562	1,000	0,179	0,305	0,382	0,310	0,198	0,409	0,280	0,427	0,750	0,277	0,145	0,316	0,390
Sig. 1-seitig	0,002	0,000	0,008	0,000		0,043	0,002	0,000	0,001	0,028	0,000	0,003	0,000	0,000	0,004	0,083	0,001	0,000
C.EF1	0,077	**0,305	*0,179	**0,329	*0,179	1,000	0,480	0,371	0,224	0,164	0,135	0,102	0,308	0,156	0,609	0,393	0,252	0,172
Sig. 1-seitig	0,230	0,001	0,043	0,001	0,043		0,000	0,000	0,015	0,058	0,098	0,166	0,001	0,068	0,000	0,000	0,007	0,050
LaT.EF1	**0,276	**0,354	*0,196	**0,358	**0,305	**0,480	1,000	0,266	0,363	0,287	0,307	0,199	0,219	0,198	0,351	0,528	0,177	0,220
Sig. 1-seitig	0,004	0,000	0,030	0,000	0,002	0,000		0,005	0,000	0,003	0,001	0,028	0,018	0,029	0,000	0,000	0,044	0,017
WM.EF1	**0,251	*0,223	*0,200	**0,260	**0,362	**0,371	**0,266	1,000	0,263	0,219	0,221	0,193	0,220	0,281	0,259	0,159	0,518	0,298
Sig. 1-seitig	0,008	0,016	0,028	0,006	0,000	0,000	0,005		0,005	0,018	0,017	0,032	0,017	0,003	0,006	0,064	0,000	0,002
SAaDM.EF1	**0,421	**0,394	*0,182	**0,404	**0,310	*0,224	**0,363	**0,263	1,000	0,316	0,394	0,315	0,445	0,208	0,351	0,234	0,262	0,620
Sig. 1-seitig	0,000	0,000	0,040	0,000	0,001	0,015	0,000	0,005		0,001	0,000	0,001	0,000	0,023	0,000	0,012	0,006	0,000
MAC.HF2	**0,579	**0,307	*0,171	*0,241	*0,198	0,164	**0,287	*0,219	**0,316	1,000	0,289	0,325	0,406	0,284	0,289	0,432	0,354	0,358
Sig. 1-seitig	0,000	0,001	0,050	0,010	0,028	0,058	0,003	0,018	0,001		0,003	0,001	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000
KoS.HF2	**0,364	**0,601	**0,291	**0,450	**0,409	0,135	**0,307	*0,221	**0,394	**0,289	1,000	0,367	0,454	0,316	0,361	0,272	0,291	0,372
Sig. 1-seitig	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,098	0,001	0,017	0,000	0,003		0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,002	0,000
UoA.HF2	*0,173	**0,255	**0,531	0,190	**0,280	0,102	*0,199	*0,193	**0,315	**0,325	**0,367	1,000	0,246	0,301	0,333	0,218	0,265	0,383
Sig. 1-seitig	0,049	0,007	0,000	0,034	0,003	0,166	0,028	0,032	0,001	0,001	0,000		0,009	0,002	0,001	0,018	0,005	0,000
KoP.HF2	**0,317	**0,416	0,127	**0,617	**0,427	**0,308	*0,219	*0,220	**0,445	**0,406	**0,454	**0,246	1,000	0,603	0,543	0,363	0,513	0,587
Sig. 1-seitig	0,001	0,000	0,113	0,000	0,000	0,001	0,018	0,017	0,000	0,000	0,000	0,009		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AI.P.HF2	**0,325	**0,434	**0,274	**0,349	**0,750	0,156	*0,198	**0,281	*0,208	**0,284	**0,316	**0,301	**0,603	1,000	0,369	0,306	0,442	0,419
Sig. 1-seitig	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,068	0,029	0,003	0,023	0,003	0,001	0,002	0,000		0,000	0,001	0,000	0,000
C.HF2	*0,224	**0,283	**0,255	**0,329	**0,277	**0,609	**0,351	**0,259	**0,351	**0,289	**0,361	**0,333	**0,543	**0,369	1,000	0,521	0,520	0,446
Sig. 1-seitig	0,015	0,003	0,007	0,001	0,004	0,000	0,000	0,006	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
LaT.HF2	**0,277	*0,220	0,133	0,128	0,145	**0,393	**0,528	0,159	*0,234	**0,432	**0,272	*0,218	**0,363	**0,306	**0,521	1,000	0,353	0,340
Sig. 1-seitig	0,004	0,017	0,102	0,111	0,083	0,000	0,000	0,064	0,012	0,000	0,004	0,018	0,000	0,001	0,000		0,000	0,000
WM.HF2	**0,361	0,168	0,112	*0,236	**0,316	**0,252	*0,177	**0,518	**0,262	**0,354	**0,291	**0,265	**0,513	**0,442	**0,520	**0,353	1,000	0,467
Sig. 1-seitig	0,000	0,054	0,143	0,011	0,001	0,007	0,044	0,000	0,006	0,000	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
SAaDM.HF2	**0,379	**0,294	0,121	**0,469	**0,390	*0,172	*0,220	**0,298	**0,620	**0,358	**0,372	**0,383	**0,587	**0,419	**0,446	**0,340	**0,467	1,000
Sig. 1-seitig	0,000	0,002	0,124	0,000	0,000	0,050	0,017	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

n = 93

Heterotrait-Monomethod

\*\* Signifikant auf dem 0,01 Niveau (1seitig)

Heterotrait-Heteromethod

\* Signifikant auf dem 0,05 Niveau (1seitig)

Monotrait-Heteromethod

Monotrait-Monomethod

Abb.2 Multitrait-Multimethod Matrix

## 5 Datenanalyse

Die Analyse der Korrelationsmatrix umfasst sechs Schritte:

1. Identifikation der verschiedenen Blöcke innerhalb der Matrix
2. Transformation der Korrelationen nach Fisher's  $z$
3. Vergleich der Korrelationskoeffizienten
4. Überprüfung der Signifikanz der Ergebnisse
5. Überprüfung, ob die  $H_0$  verworfen werden kann

Die Überprüfung der Signifikanz erfolgt bei einseitiger Fragestellung und einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  von 5%.

Nachdem diese Analyse für jede der vier Hypothesen durchgeführt wurde, ergibt sich, dass sich der Mittelwert der konvergenten Validitätskoeffizienten signifikant von null unterscheidet (vgl. BORTZ 1999: S. 775). Ausserdem sind alle Validitätskoeffizienten signifikant größer als die Heterotrait-Heteromethod Korrelationen. Allerdings sind nicht alle Validitätskoeffizienten signifikant größer als die Heterotrait-Monomethod Korrelationen. Auffällig ist aber die Tatsache, dass nur acht der 72 Heterotrait-Monomethod Korrelationen signifikant größer sind als der aus numerischer Sicht geringste, transformierte Validitätskoeffizient. Eine genauere Betrachtung der Rangfolgen der Traitkorrelationen zeigt, dass die Trait-Korrelationen keiner identischen Reihenfolge unterliegen. Wird diesbezüglich allerdings der Umfang von 144 zu vergleichenden Korrelationen in Betracht gezogen, der sich durch die Evaluation von neun Fähigkeiten in zwei Situationen ergibt, so scheint das letzte Kriterium, wie auch die Forderung, dass alle neun Validitätskoeffizienten signifikant größer sein müssen als die 72 Heterotrait-Monomethod Korrelationen aufgrund der hohen Anfälligkeit der Korrelationen für Ausreißer sehr streng zu sein.

## 6 Diskussion

Die größte Relevanz für die vorliegende Studie hat die Konstruktvalidität, deren Untersuchung anhand der Multitrait-Multimethod Matrix nun nähere Betrachtung erfährt. Die konvergenten Validitätskoeffizienten nehmen generell sehr hohe und signifikante numerische Werte an, wodurch das essentielle Kriterium der konvergenten Validität erfüllt ist. Die beiden verschiedenen Notfallsituationen Engine Failure und Hydraulic Failure erfassen demnach dieselben Konstrukte tendenziell mit einer sehr hohen Übereinstimmung. Eine Fortführung der Untersuchung der Konstruktvalidität war somit gerechtfertigt. Des Weiteren ergibt die Analyse der Multitrait-Multimethod Matrix, dass die Korrelationen in der Validitätsdiagonalen vollständig signifikant größer sind als die Korrelationskoeffizienten des Heterotrait-Heteromethod Blocks, die weder die bewertete Pilotenfähigkeit noch die betrachtete Notfallsituation gemeinsam haben. Mit diesem Ergebnis ist auch eines der zwei Kriterien für diskriminante Validität erfüllt. Ein Hinweis also darauf, dass unterschiedliche Konstrukte in verschiedenen Notfallsituationen differenziert bewertet werden. Diese Ergebnisse lassen in Bezug auf die diskriminante Validität weiterhin vermuten, dass die entwickelte Testmethodik konstruktvalide ist.



Wie sich gezeigt hat, ergibt die statistische Auswertung der Multitrait-Multimethod Matrix, dass alle konvergenten Validitätskoeffizienten signifikant größer als null und vollständig signifikant größer als der numerisch größte Koeffizient der Heterotrait-Heteromethod Korrelation sind. Damit sind die wichtigsten Kriterien zum Nachweis der Konstruktvalidität erfüllt. In Bezug auf die Unterschiede zwischen den Korrelationskoeffizienten ist des Weiteren auffällig, dass alle konvergenten Validitätskoeffizienten signifikant größer sind als ca. 89% der Heterotrait-Monomethod Koeffizienten. Nur knapp 11% der Heterotrait-Monomethod Korrelationen sind signifikant größer als der geringste Wert in der Validitätsdiagonalen. Jeweils nur 5,55% der Heterotrait-Monomethod Korrelationen sind größer als die Validitätskoeffizienten auf Rang 7 und Rang 8, nur noch 2,78% sind größer als der Monotrait-Heteromethod Koeffizient auf Rang 6 und nur 1,4% sind größer als der Validitätskoeffizient auf Rang 5. Insgesamt sind alle neun Werte in der Validitätsdiagonalen signifikant größer als 88,88% der Heterotrait-Monomethod Korrelationen. Generell sind die Validitätskoeffizienten signifikant größer als die Heterotrait Korrelationen und es ist folglich eine Tendenz zu erkennen, die eher dafür spricht, dass auch dieses zweite Kriterium der diskriminanten Validität erfüllt werden kann. Zudem gelten geringe Werte in der Validitätsdiagonalen der Multitrait-Multimethod Matrix als Indikator dafür, dass die betrachteten Erhebungsinstrumente nicht valide sind. So sind im Umkehrschluss die durchgehend hohen Werte in der berechneten Validitätsdiagonalen als Hinweis darauf zu interpretieren, dass die Validität der entwickelten Erhebungsinstrumente eher anzunehmen als zu verneinen ist (vgl. CAMPBELL & FISKE 1959: S. 84). CAMPBELL & FISKE äußern zudem bezüglich des Nachweises der diskriminanten Validität:

„Discriminative validity is not so easily achieved. Just as it is impossible to prove the null hypothesis, or that some object does not exist, so one can never establish that a trait, as measured is differentiated from all other traits. One can only show that this measure of Trait A has little overlap with those measures of B and C, and no dependable generalization beyond B and C can be made.“

(CAMPBELL & FISKE 1959: S. 103)

Es geht demzufolge weniger darum zu zeigen, dass zwischen zwei unterschiedlichen Fähigkeiten überhaupt kein Zusammenhang besteht, sondern dass dieser, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten, in seiner Wertigkeit möglichst gering sein sollte. Die Kriterien zur Erfüllung der Konstruktvalidität eines Tests von CAMPBELL & FISKE und insbesondere die Formulierungen von BORTZ & DÖRING sind aufgrund der nicht zu unterschätzenden Auswirkungen der Ausreißer, also Extremwerte in der Datenverteilung, auf Korrelationen als sehr streng anzusehen (vgl. BORTZ 1999: S.206f.). So kann ein einzelner Ausreißer eine Korrelation der Multitrait-Multimethod Matrix stark verändern und schließlich beim Vergleich der Korrelationsblöcke dafür sorgen, dass ein Kriterium erfüllt wird oder nicht erfüllt wird. Eine Entschärfung der Kriterien wäre daher zu überlegen. Schließlich formulieren auch BORTZ & DÖRING in Bezug auf die Überprüfung der Konstruktvalidität:

“Der Umstand, dass Testwerte so ausfallen, wie es die aus Theorie und Empirie abgeleiteten Hypothesen vorgeben, kann als Indiz für die Konstruktvalidität des Tests gewertet werden. Eine Konstruktvalidierung ist nur dann erfolgsversprechend, wenn neben dem zu prüfenden Test oder

Fragebogen ausschließlich gut gesicherte Instrumente verwendet werden und die getesteten Hypothesen Gültigkeit besitzen. Können die Hypothesen nicht bestätigt werden, ist unklar, ob die Validität des Instruments oder die Gültigkeit der Hypothese anzuzweifeln ist. Eine Konstruktvalidierung ist umso überzeugender, je mehr Hypothesen ihre Überprüfung bestehen.“  
(BORTZ & DÖRING 1995: S. 186f.)

Die beschriebenen positiven Ergebnisse bezüglich der Konstruktvalidität dürfen nicht verschleiern, dass auch unerwünschte Ergebnisse im Hinblick auf das zweite Kriterium der diskriminanten Validität auftreten. Es lassen sich für fünf der neun Monotrait-Heteromethod Korrelationen signifikant größere Heterotrait-Monomethod Korrelationen isolieren. Insgesamt sind nur vier der neun Validitätskoeffizienten signifikant größer als alle Heterotrait-Korrelationen. Auch das postulierte Kriterium der notwendigen identischen Abfolge der Ränge der Heterotraitkorrelationen kann mit den vorliegenden Daten gemäß der Forderung nicht erfüllt werden.

Die Multitrait-Multimethod Methode ist eine äußerst akribische und detaillierte Variante zur Untersuchung der Konstruktvalidität und in diesem Kontext dürfen die vorliegenden Ergebnisse insgesamt als sehr positiv interpretiert werden. Sie geben daher Grund zur Annahme, dass die Konstruktvalidität des entwickelten Testbogens tendenziell eher angenommen werden kann. Zwar werden die Kriterien nicht vollständig, jedoch in Bezug auf die wesentlichen Aspekte, insbesondere jenes der Konvergenz, erfüllt. Alle konvergenten Validitätskoeffizienten haben einen sehr großen numerischen Wert und für den Großteil der Werte in der Validitätsdiagonalen wird auch das zweite Kriterium der differentiellen Validität erfüllt. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass diese Interpretation der Ergebnisse die Meinung des Autors widerspiegelt.

Die Resultate lassen sich nicht vollständig auf die betriebsinterne Bewertungsmethodik der Deutschen Lufthansa AG in OPC/FCL Checks übertragen, da diese nur eine dichotome Bewertung der Fähigkeiten erlaubt. Da die Wertungen der Prüfer der Deutschen Lufthansa AG jedoch in Bezug auf die betriebsintern verwendeten Kriterien vorgenommen wurden, besteht aufgrund der Ergebnisse der Diskussion insgesamt Grund zu der Annahme, dass auch die Urteile der Ausbilder in den betriebsinternen Verfahren valide sind und somit die tatsächliche Eignung eines Piloten zur souveränen Bewältigung der Notfallsituationen gemessen wird. Basierend darauf wird angenommen, dass die Messmethoden zur Überprüfung der Handlungskompetenz der Piloten bei der Deutschen Lufthansa AG bis auf weiteres als valide betrachtet werden dürfen. Dies lässt sich allerdings im Rahmen dieser Magisterarbeit nicht eindeutig feststellen und bedarf weiterer Untersuchungen.

## **7 Fazit**

Ziel dieser Studie war es, einen Bewertungsbogen für Pilotenfähigkeiten in Notfallsituationen zu entwickeln, diesen im Rahmen einer empirischen Studie bei der Deutschen Lufthansa AG in betriebsinternen Testsituationen durch Ausbilder ausfüllen zu lassen und anschließend das Ausmaß der Konstruktvalidität anhand der Multitrait-Multimethod Matrix zu ermitteln.

Die vorliegende Studie hat Ergebnisse geliefert, die nach Meinung des Autors darauf hinweisen, dass die entwickelten Messinstrumente konstruktvalide sind.

Allerdings ist kein sicherer Schluss auf die Konstruktvalidität des Tests möglich, da nur zwei der vier Nullhypothesen eindeutig verworfen werden konnten. Die Ergebnisse lassen jedoch letztlich die Vermutung, dass die Konstruktvalidität des Tests tendenziell eher hoch zu sein scheint, plausibel erscheinen, da unklar ist, ob die Konstruktvalidität der entwickelten Bewertungsinstrumente anzuzweifeln ist, wenn einzelne Hypothesen nicht bestätigt werden können (vgl. BORTZ & DÖRING 1995: S. 186f.). Grundsätzlich gilt jedoch nach dem Stand der Wissenschaft, dass die Konstruktvalidität mit der Anzahl der Hypothesen steigt, die erfolgreich ihre Überprüfung bestehen. Da zwei der vier Hypothesen ihre Überprüfung vollständig bestehen konnten und keine wissenschaftlich eindeutigen Regeln zur numerischen Überprüfung der Konstruktvalidität existieren, spricht demzufolge sehr viel für die valide Überprüfung der Pilotenfähigkeiten von Verkehrsflugzeugführern der Deutschen Lufthansa AG in Notfallsituationen durch die Messinstrumente.

Das Konzept der Validität und jenes der Reliabilität stehen in dem engen Zusammenhang, dass ein Test bei hoher Reliabilität eine geringe Validität haben kann. Andererseits ist es aber nicht möglich, dass ein Test, dessen Messungen durch Zufallsfaktoren bestimmt werden eine hohe Gültigkeit hat. Es stellt sich dementsprechend die Frage, ob aus der angenommenen Konstruktvalidität des Tests umgekehrt auch das Vorhandensein einer Reliabilität zu folgern ist (vgl. KRECH et al 1992: S.39). Diese Annahme basiert letztlich aber nur auf Vermutungen und soll daher an dieser Stelle als Grundlage für weiterführende Studien formuliert werden, in denen ein Nachweis der Reliabilität erfolgt. Im Rahmen der vorliegenden Studie war es aus aufgrund der geforderten Anonymität nicht möglich, das zweite, wichtige Gütekriterium der Reliabilität eindeutig in einer seiner Facetten zu bestimmen. Bemerkenswert ist des Weiteren der Umstand, dass in der Literatur zwar die Bildung der Multitrait-Multimethod Matrix sowie die Kriterien zur Überprüfung der Konstruktvalidität umfassend beschrieben werden, jedoch zum einen offensichtlich noch immer unklar ist, ab wann ein Messinstrument im Bezug auf die Kriterien von CAMPBELL & FISKE (1959) eindeutig konstruktvalide ist, zum anderen werden die statistischen Formeln zur Berechnung der verschiedenen Signifikanzen nicht geliefert, obwohl dies schon von CAMPBELL & FISKE postuliert wurde.

„Various statistical treatments for multitrait-multimethod matrices might be developed. We have considered rough tests for the elevation of a value in the validity diagonal above the comparison values in its row and column. Correlations between the Columns for variables measuring the same trait, variance analysis, and factor analysis have been proposed to us. However the statistical development of such statistical methods is beyond the scope of this paper. We believe that such summary statistics are neither necessary nor appropriate at this time.“

(CAMPBELL & FISKE 1959: S.102 f.)

Eine Weiterentwicklung der Kriterien zur Bestimmung der Konstruktvalidität beziehungsweise deren Entschärfung und eine umfassende statistische Anleitung, die auch die notwendigen Signifikanztests beinhaltet, sind wünschenswert und vereinfachten diese ohnehin recht aufwendige Variante der Validierung erheblich.

Solange diesen Vorschlägen nicht entsprochen wird, obliegt es mehr oder weniger der Interpretation und der Auslegung des Wissenschaftlers, ob die überprüften Messinstrumente konstruktvalide sind. Der Anspruch an dieses Forschungsinstrument sollte daher sein, eine eindeutige Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen, um Missbrauch zu vermeiden.

## Literaturverzeichnis

- BAUER, F. (1986): Datenanalyse mit SPSS. Springer Verlag. Berlin et al.
- BEAUBIEN, J. M.; BAKER, D. P.; SALVAGGIO, A.M. (2004) Improving the construct validity of line operational simulation ratings: Lessons learned from the Assessment Center. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 14 (1), S. 1-17
- BORTZ, J. (1999): Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York.
- BORTZ, J. (1979): Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer Verlag: Berlin, Heidelberg, New York.
- BORTZ, J.; G.A. LIENERT (1998): Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. Springer Verlag: Berlin et al.
- BORTZ, J., DÖRING, N. (1995): Forschungsmethoden und Evaluation. Springer Verlag: Berlin et al.
- BROSIUS, F. (1998): SPSS 8.0 Professionelle Statistik unter Windows. MITP-Verlag: Bonn
- CAMPBELL, D.T.; FISKE, D.W. (1959): Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait-Multimethod Matrix. In: Psychological Bulletin, 56, S. 81-105
- DROOG, A. (2004): The Current Status of CRM Training and its Regulations in Europe. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- DROSSE, V.; VOSSEBEIN, U. (Hrsg.) (1999): Statistik Intensivtraining: Repetitorium Wirtschaftswissenschaften. Gabler Verlag: Wiesbaden
- DUDEN (2001): Duden Band 5. Fremdwörterbuch. Mannheim et al.: Dudenverlag.
- EISSFELDT, H.; GOETERS, K.-M., HOERMANN, MASCHKE, P. & SCHIEWE, A. (1994): DLR Mitteilung 94-09
- ERDFELDER, E., MAUSFELD, R., MEISER, T. RUDINGER, G. (Hrsg) (1996): Handbuch Quantitative Methoden. BELTZ PsychologieVerlagsUnion: Weinheim
- FLIN, R. (2004): The NOTECHS System. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- FLIN, R.; GOETERS, K.-M.; HORMANN, H.-J.; MARTIN, L. (1998): A Generic Structure of Non-Technical Skills for Training and Assessment. In: Paper presented at the 23rd Conference of the European Association for Aviation Psychology, Vienna, 14th -18th September 1998.
- GOETERS, K.-M., MASCHKE, P.; EISSFELDT, H. (2004): Ability Requirements in Core Aviation Professions: Job Analysis of Airline Pilots and Traffic Controllers. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- GOETER, K.-M. (2004): Non-Technical Skills Assessment in Pilot Training: Theory and Practice of the NOTECHS Method. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- HELFRICH, H. (1996): Menschliche Zuverlässigkeit aus sozialpsychologischer Sicht. In: Zeitschrift für Psychologie 204 (1996), S. 15-96
- HERRMANN, T; HOFFMANN, M.; KUNAU, G. & LOSER, K.-U. (2004): A modelling method for the development of groupware applications as socio-technical systems. In Behaviour and Information Technology, March-April 2004, VOL. 23, No. 2, S. 119-135. Taylor and Francis Group.
- HOBBST, A.; WILLIAMSON, A. (2002): Skills, rules and knowledge in aircraft maintenance: errors in context. In: ERGONOMICS (2002), VOL 45, NO.4, S. 290-308.

- HOEFT, S. & PECENA, Y. (2004): Behaviour-Oriented Evaluation of Aviation Personnel: An Assessment Center Approach. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- HOERMANN, H.-J. (1994): FOR-DEC – A prescriptive method for aeronautical decision making. In: Proceedings of the 21st WEAAP Conference, Dublin
- HUNTER, D. R. (2005): Measurement of Hazardous Attitudes among Pilots. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 15 (1), S. 23-43
- JOHANNSON, G. (1993): Mensch-Maschine-Systeme. Springer-Verlag, Berlin et al.
- KRECH, D.; CRUTCHFIELD, R.S.; LIVSON, N.; WILSON, A.W.; PARDUCCI, A. (1992): Theoretische Grundlagen und Entwicklungspsychologie In: BENESCH, H. (Hrsg): Grundlagen der Psychologie. Psychologie Verlags Union, Weinheim
- KRIZ, J.; LISCH, R. (1988): Methoden Lexikon für Mediziner, Psychologen, Soziologen. Psychologie Verlags Union: München, Weinheim.
- LORENZ, B. (2004): Human- Centered Automation: Research and Design Issues. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- LUFTHANSA (ohne Jahr): Basic Competence für Optimum Performance – Competence Criteria for Lufthansa Flight Crew Members. In: internes Arbeitsmaterial
- LUFTHANSA (2006): Zukunft Kont erklärt. Lufthansa Artikel.  
<http://konzern.lufthansa.com/de/html/presse/hintergruende/index.html?c=nachrichten/app/show/de/2003/11/689/HOM&s=0>
- verifiziert am 16.08.2006 12:48 Uhr
- MOOSBRUGGER, H.; KLUTKY, N. (1987): Regressions- und Varianzanalysen auf der Basis des allgemeinen linearen Modells In: PAWLIK, KURT (Hrsg): Methoden der Psychologie. Verlag Hans Huber, Bern, Stuttgart Toronto
- NOYES, J. M.; STARR, A.F. (1999): Civil Aircraft Warning Systems: Future Directions in Information Management and Presentation. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 10 (2), S. 169-188
- O'CONNOR, P. (2004): JAR-TEL Results: Inter-rater Reliabilities, Sensitivity and Acceptability of the NOTECHS Method. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- REASON, J. (1992): Menschliches Versagen. Spektrum, Heidelberg, Berlin, Oxford (1994)
- ROCHEL, H. (1983): Planung und Auswertung von Untersuchungen im Rahmen des allgemeinen linearen Modells. In: ALBERT, D, PAWLIK, K, STAPF, K.-H., STROEBE, W.(Hrsg.): Lehr- und Forschungstexte Psychologie.
- SCHICK, F. (2004): Human/Machine Interfaces for Cooperative Flight Guidance. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- SCHILLING, O. (2001): Grundkurs: Statistik für Psychologen. UTB für Wissenschaft München
- SEAMSTER, T. L.; KANKI, B.G. (Hrsg.) (2002): Aviation Information Management. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- SHERIDAN, T. B. (1992): Telerobotics, automation, and human supervisory control. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
- STELLING, D. (2004): Psychological Requirements and Examination Guidelines in JAR-FCL3. In: GOETERS, K.-M. (Hrsg.): Aviation Psychology: Practice and Research. Ashgate Publishing Limited: Aldershot, Burlington.
- STUMPF, H. (1996): Klassische Testtheorie. In: ERDFELDER, E.; MAUSFELD, R., MEISER, T. & RUDINGER, G. (Hrsg.) (1996): Handbuch Quantitative Methoden. Psychologie Verlags Union: Weinheim
- TRUMPOWER, D. L. et al. (1999). Structural analysis of line-oriented evaluation data. In: R. S. Jensen (Ed.), Proceedings of the 10th International Symposium on Aviation Psychology S. 1220-1223. Columbus: The Ohio State University Press.
- WEISER, R. (2006): Entwicklung von empirischen Messmethoden zur Validierung der Handlungskompetenz von Piloten. Magisterarbeit: Stiftung Universität Hildesheim. <http://www.uni-hildesheim.de/de/8168.htm>

- WIEGMANN, D. A.; SHAPPELL, S.A. (1996): A Human Error Approach to Accident Investigation: The Taxonomy of Unsafe Operations. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 7 (4), S. 269-291
- WIEGMANN, D. A., SHAPPELL, S.A. (1995): Human Error Approach Analysis of Postaccident Data: Applying Theoretical Taxonomies of Human Error. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 7 (1), S. 67-81
- WIEGMANN, D.A.; GOH, J. (2001): Visual Flight Rules Into Instrument Meteorological Conditions: An Empirical Investigation of the Possible Causes. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 11 (4), S. 395-379
- WIEGMANN, D.A.; SHAPPELL, S.A. (2000): Human Error Perspectives in Aviation. In: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 11 (4), S. 341-357.
- WIKIPEDIA (2006): Joint Aviation Authorities erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Aviation\\_Authorities](http://de.wikipedia.org/wiki/Joint_Aviation_Authorities). verifiziert am 10.08.2006 21:56 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Joint Aviation Requirements erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Aviation\\_Authorities](http://de.wikipedia.org/wiki/Joint_Aviation_Authorities) verifiziert am 10.08.2006 21:56 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Joint Aviation Authorities – Operations erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Aviation\\_Authorities](http://de.wikipedia.org/wiki/Joint_Aviation_Authorities) verifiziert am 10.08.2006 21:56 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Joint Aviation Authorities - Flight Crew Licensing erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Aviation\\_Authorities](http://de.wikipedia.org/wiki/Joint_Aviation_Authorities) verifiziert am 10.08.2006 21:56 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Joint Aviation Requirements - Maintenance erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Joint\\_Aviation\\_Authorities](http://de.wikipedia.org/wiki/Joint_Aviation_Authorities) verifiziert am 10.08.2006 21:56 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Air Transport Pilot License erklärt. WIKIPEDIA Artikel.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Airline\\_Transport\\_Pilot\\_License](http://de.wikipedia.org/wiki/Airline_Transport_Pilot_License) verifiziert am 16.08.2006 13:29 Uhr
- WIKIPEDIA (2006): Pilot erklärt. WIKIPEDIA Artikel. <http://de.wikipedia.org/wiki/Pilot> verifiziert am 16.08.2006 13:51 Uhr
- WOTTAWA, H., THIERAU, M. (1998): Lehrbuch Evaluation. 2. vollst. Überarb. Aufl.: Verlag Hans Huber. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle. 1998